

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-070827

(43)Date of publication of application : 31.03.1988

(51)Int.CI.

G02F 1/05  
G02B 6/12

(21)Application number : 61-216506

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 12.09.1986

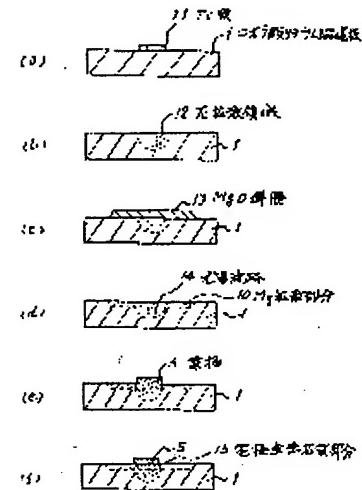
(72)Inventor : KONDO MITSUKAZU

## (54) PRODUCTION OF OPTICAL CONTROL DEVICE

### (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain stable operation even when a DC voltage is impressed to a device by diffusing metal ions to a substrate to decrease the refractive index under electrodes, thereby decreasing the quantity of transfer of the energy of the light wave propagating in optical waveguides to the substrate surface.

CONSTITUTION: The optical waveguide pattern of a Ti film 11 which is a 1st metal ion is formed on a lithium niobate crystal 1. The Ti film is thermally diffused to form a Ti diffused region 12 to 3W10<sup>1</sup> m depth. A thin MgO film 13 contg. Mg which is the 2nd metal ion is formed thereon. The film 13 is diffused down to about 1W3<sup>1</sup> m depth to form the optical waveguide 14 consisting of the diffused region of the 1st and 2nd metal ions. The pattern of the electrodes 5 is then formed to part above the optical waveguide 14. The electrodes 5 are finally thermally annealed, by which part of the electrode atoms thereof are diffused to the substrate 1 surface to form electrode metal diffused parts 15. The unstableness and deterioration with lapse of time occurring in a buffer film are thereby eliminated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨日本国特許庁(JP)

⑩特許出願公開

⑪公開特許公報(A) 昭63-70827

⑫Int.Cl.  
G 02 F 1/05  
G 02 B 6/12

識別記号 庁内整理番号  
C-8507-2H  
J-8507-2H

⑬公開 昭和63年(1988)3月31日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭発明の名称 光制御デバイスの製造方法

⑮特 願 昭61-216506

⑯出 願 昭61(1986)9月12日

⑰発明者 近藤 充和 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑱出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
⑲代理人 弁理士 内原晋

明細書

発明の名称

光制御デバイスの製造方法

特許請求の範囲

誘電体結晶基板中に、この結晶基板の屈折率を増加させる第1の金属イオンを拡散し、その後さらに前記結晶基板の屈折率を減少させる第2の金属イオンを前記第1の金属イオンの拡散深さよりも浅く拡散して光導波路を形成する第1の工程と、前記光導波路の上部に直接前記結晶基板に接して電極を形成し、その後熱アニール処理によって前記電極の原子の一部を前記基板中に拡散する第2の工程とを含むことを特徴とする光制御デバイスの製造方法。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は光波の変調、光路切換え等を基板中に

設けた光導波路を用いて制御する導波型光制御デバイスの製造方法に関する。

〔従来の技術〕

光通信システムの実用化が進むにつれ、さらに大容量や多機能をもつ高度のシステムが求められており、より高速の光信号の発生や光伝送路の切換え、交換等の新たな機能の付加が必要とされている。現在の実用システムでは、光信号は直接半導体レーザや発光ダイオードの注入電流を変調することによって得られているが、直接変調では緩和振動等の効果のため数GHz以上の高速変調が難しいこと、波長変動が発生するためコヒーレント光伝送方式には適用が難しいこと等の欠点がある。

これを解決する手段としては、外部光変調器を使用する方法があり、特に基板中に形成した光導波路により構成した導波形の光変調器は、小形、高効率、高速という特長がある。

一方、光伝送路の切換えやネットワークの交換機能を得る手段としては光スイッチが使用されて

いる。現在、実用されている光スイッチは、プリズム、ミラー、ファイバー等を機械的に移動させるものであり、低速であること、信頼性が不十分、形状が大きくマトリクス化に不適当の欠点がある。

これを解決する手段として開発が進められているものは、光導波路を用いた導波形の光スイッチがあり、高速、多要素の集積化が可能、高信頼等の特長がある。特に、ニオブ酸リチウム(LINbO<sub>3</sub>)結晶等の強誘電体材料を用いたものは、光吸収が小さく低損失であること、大きな電気光学効果を有しているため、高効率である等の特長があり、從来から方向性結合形光変調器、スイッチ、全反射形光スイッチ等の種々の方式の光制御素子が報告されている。このような導波形の光制御素子を実際の光通信システムに適用する場合、低損失、高速性等の基本的性能と同時に、特に動作の安定性や長期的な信頼性が実用上不可欠である。

〔発明が解決しようとする問題〕

しかし、從来の導波型光制御デバイスでは、安

定性、信頼性に関しては、十分な特性は得られていなかった。

第3図(a)、(b)は從来の光制御デバイスの一例として方向性結合型光スイッチの平面図及び側面図を示す。この光スイッチは、ニオブ酸リチウム(LINbO<sub>3</sub>)結晶基板1の上にチタンを拡散して屈折率を基板よりも大きくして形成した帯状の光導波路2及び3が形成されており、これら光導波路2及び3は基板1の中央部で互いに数μm程度まで近接させて方向性結合器4を構成している。この方向性結合器4を構成する光導波路2、3上にはバッファ膜6を介して制御電極5が形成されている。

この光導波路2に入射した入射光7は、方向性結合器4の部分を伝搬するに従って近接した光導波路3へ徐々に光エネルギーが移り、方向性結合器4を通過後は光導波路3にはほぼ100%エネルギーが移って出射光8となる。

一方、制御電極5に電圧を印加した場合、電気光学効果により電極5の下の光導波路の屈折率が

変化し、光導波路2、3を伝搬する導波モード的同时に位相速度の不整合を生じ、両者の間の結合状態が変化する。この電極5への印加電圧を上昇すると、光導波路2から光導波路3への光エネルギーの移行量が減少し、ある電圧値V<sub>s</sub>では入射光7は方向性結合器4を通過後に光エネルギーの100%が光導波路2に戻ってしまう状態となる。すなわち、制御電極5への印加電圧の有無により、入射光7は光導波路2からの出射光9又は光導波路3からの出射光8となる。

ニオブ酸リチウム結晶を使った導波形の光制御デバイスでは、最も大きな電気光学効果が得られて低電圧動作が期待でき、しかもファイバとの低損失結合が容易なZ軸に垂直に切り出した基板、すなわちZ板と基板垂直方向の偏波モード、すなわちTMモードの組合せが最もよく用いられている。このような組合せでは光導波路上に電極を設置する場合、從来は電極による光吸収を防ぐために、第3図(a)、(b)に示すようなバッファ膜6が設置されている。

このバッファ膜6は、導波路中の光エネルギーの電極5へのしみ出しを除き、かつニオブ酸リチウム結晶中に電界を有効に印加するために、ニオブ酸リチウムよりも屈折率が小さく、かつ絶縁性があって光吸収のない透明な材料、例えば二酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)膜や酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)膜等が使われる。このようなバッファ膜6を設置する場合、その絶縁性の良否がデバイス安定性に大きく影響することがよく知られている。

すなわち、バッファ膜6の絶縁性不十分で比抵抗が小さい場合、DC電圧を印加したとき、このバッファ膜6中を電荷がドリフトし、時間と共にバッファ膜と電極及び結晶との界面に電荷が蓄積し、結晶中に印加される電圧が小さくなり、スイッチング特性が変化する。

このようなDC電圧を印加したときの動作特性的経時的な変化は、光スイッチの場合はクロストークの発生やスイッチ電圧の変動を招き、光変調器の場合はバイアス電圧値のドリフトを招く等の導波形光制御デバイスを実際のシステムに適用

する上での大きな障害となっている。このバッファ膜の高低抵抗化のために、そのコーティング方法の改良や、コーティング後の酸素アニールによる高品質化等も試みられているが十分な安定性や長期的な信頼性は得られていない。

本発明の目的は、これら従来の欠点を除き、DC電圧を印加した場合にも安定な動作が得られる光制御デバイスの製造方法を提供することにある。

#### [同題点を解決するための手段]

本発明の光制御デバイスの製造方法は、誘電体結晶基板中に、この結晶基板の屈折率を増加させる第1の金属イオンを拡散し、その後さらに前記結晶基板の屈折率を減少させる第2の金属イオンを前記第1の金属イオンの拡散深さよりも浅く拡散して光導波路を形成する第1の工程と、この光導波路の上部に直接前記結晶基板に接して電極を形成し、その後熱アニール処理によって前記電極の原子の一部を前記基板中に拡散する第2の工程とを含み構成される。

#### [作用]

本発明の構成が従来の構成と異なる大きな点は、バッファ膜を用いていないようにしたことである。本発明では、通常用いる基板の屈折率を増加させる第1の金属イオンを拡散させて光導波路を形成した後、その上部の電極が設置される部分にさらに基板の屈折率を減少させる第2の金属イオンを拡散させることによって電極下の屈折率を下げ、光導波路中を伝搬する光波のエネルギーの基板表面へのしみ出し量を減少させてTMモードの電極による光吸収を防いでいる。さらに、本発明では、電極材料である金属原子を熱アニールによって基板中に拡散させることによって、電極と結晶界面にショットキーバリヤ等の障壁が生ずるのを防ぎ、それら障壁に電荷が蓄積されて生ずる動作不安定性を除去している。このように本発明によれば、バッファ膜を用いていないでかつ電極をアニールすることによって、従来のようなバッファ膜に起因する不安定性や経時的な劣化を防ぐことができる。

#### [実施例]

第1図(a)～(e)は本発明による光制御デバイスの製造方法の一実施例を工程順に模式的に示した断面図であり、各製造工程における光制御デバイスの一部の断面を示す。本実施例は、第1図(a)のように、第1の金属イオンであるTi膜11の光導波路パターンをニオブ酸リチウム結晶1上に形成する第1の工程と、このTi膜11を900～1100℃で数時間熱拡散して深さ3～10μmのTi拡散領域12を形成する第2の工程(第1図(b))と、このTi拡散領域12上の少なくとも一部に第2の金属イオンであるNbを含むNbO薄膜13を形成する第3の工程(第1図(c))と、このNbO薄膜13を600～1000℃程度で1～数時間、1～3μm程度の深さまで拡散して第1及び第2の金属イオンの拡散領域よりなる光導波路14を形成する第4の工程(第1図(d))と、この光導波路14上部の少なくとも一部にTi,Cr,Au,Pt,Si等の材料からなる電極5のパターンを形成する第5の工程(第1図(e))と、

この電極5を200～600℃で熱アニールすることによってその電極原子の一部を基板1の表面に拡散させて電極金属拡散部分15を形成する第6の工程(第1図(f))とを順次行なう。

第2図(a),(b)は第1図に示した製造方法によって製作された光制御デバイスの一例の方向性結合型光スイッチの平面図及び側面図を示す。ニオブ酸リチウム結晶基板1の上に第1の金属イオンであるチタンを900～1100℃程度で数時間熱拡散して形成された深さ3～10μm程度の光導波路2,3が設置され、基板の中央部で両光導波路は互いに数μmまで近接して方向性結合器4を構成している。この方向性結合器4が形成されている基板1の表面の一部分10には、深さ1～2μm程度の領域まで第2の金属イオンであるマグネシウムが拡散されており、この拡散部分10の屈折率はマグネシウムが拡散されていない部分に比べて低くなっている。

このマグネシウムの拡散は、先ず光導波路2,3を形成後、酸化マグネシウムをスピッタ等の方

法で基板表面にコーティングし、800～1000°Cで熱拡散することによってなされる。このようにマグネシウムを第2の金属イオンとして使用した場合、マグネシウムの拡散速度はチタンの拡散速度に比べて十分大きく、またマグネシウムの拡散深さは、チタンの拡散深さに比べて十分小さくてよいので、マグネシウム拡散の際に、既にチタンを拡散して形成されている光導波路はほとんど影響を受けないという特長がある。なお、マグネシウムを拡散した場合のニオブ酸リチウム結晶基板の屈折率が減少することは、雑誌「ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス (J. Appl. Phys.)」第49巻、3150頁に説明されている。

本実施例の方向性結合型光スイッチの基本的なスイッチ動作は、第3図の従来例と同様であり、入射光7は制御電極5への印加電圧の有無により出射光8又は9となる。但し、本実施例においては、バッファ膜6が設置されておらず、その代りに制御電極5の下の光導波路2、3の表面にはマ

グネシウムが拡散されて屈折率が減少した部分10がある。そこで本実施例もバッファ膜6を設置した場合と同様に、光導波路を伝搬するTMモードの光エネルギーの基板表面へのしみ出しをマグネシウムが拡散された領域10によって防ぎ、制御電極5による光吸収を除いている。さらに、本実施例では、バッファ膜を用いていないので、バッファ膜の不完全性に起因するDC電圧を印加した場合の不安定な現象は存在しない。また、電極を熱アニールすることによって電極と結晶界面にショットキーバリヤ等の障壁が生ずるのを防いでいる。

なお、本発明は本実施例に用いた基板材料、金属イオンに限定されるものではなく、基板材料としては電気光学効果を有するいかなる結晶、例えばLiTaO<sub>3</sub>結晶等を使用することができ、また、第1の金属イオンとしては屈折率を増加させる効果をもつイオン、例えば銅やニオブ等を用いることができる。さらに、制御電極材料としてはTi-Au、Cr-Au等の金属多層膜や半導体材料も用いること

ができる。

#### (発明の効果)

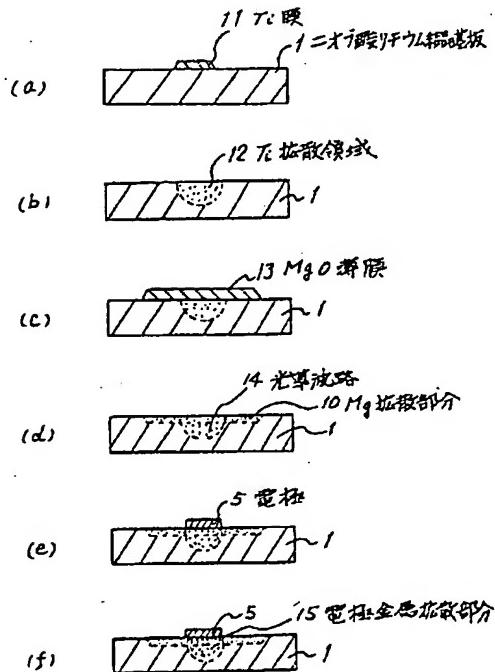
以上説明したように、本発明の光制御デバイスの製造方法では、バッファ膜を用いていないので、従来の光制御デバイスに比べ安定な動作が得られるという特徴がある。

#### 図面の簡単な説明

第1図(a)～(f)は本発明による光制御デバイスの製造方法を工程順に示した断面図、第2図(a)、(b)は本発明の製造方法を用いた光制御デバイスの一例の正面図および側面図、第3図(a)、(b)は従来の光制御デバイスの一例の平面図および側面図である。

1…ニオブ酸リチウム結晶基板、2、3、14…光導波路、5…制御電極、6…バッファ膜、7…入射光、8、9…出射光、10…第2の金属イオン(Mg)の拡散部分、11…Ti膜、12…Ti拡散領域、13…MgO薄膜、15…電極金属拡散部分。

代理人弁理士内原



第1図

法で基板表面にコーティングし、800～1000°Cで熱拡散することによってなされる。このようにマグネシウムを第2の金属イオンとして使用した場合、マグネシウムの拡散速度はチタンの拡散速度に比べて十分大きく、またマグネシウムの拡散深さは、チタンの拡散深さに比べて十分小さくてよいので、マグネシウム拡散の際に、既にチタンを拡散して形成されている光導波路はほとんど影響を受けないという特長がある。なお、マグネシウムを拡散した場合のニオブ酸リチウム結晶基板の屈折率が減少することは、雑誌「ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス(J. Appl. Phys.)」第49巻、3150頁に説明されている。

本実施例の方向性結合型光スイッチの基本的なスイッチ動作は、第3図の従来例と同様であり、入射光7は制御電極5への印加電圧の有無により出射光8又は9となる。但し、本実施例においては、バッファ膜6が設置されておらず、その代りに制御電極5の下の光導波路2、3の表面にはマ

グネシウムが拡散されて屈折率が減少した部分10がある。そこで本実施例もバッファ膜6を設置した場合と同様に、光導波路を伝搬するTMモードの光エネルギーの基板表面へのしみ出しをマグネシウムが拡散された領域10によって防ぎ、制御電極5による光吸収を防いでいる。さらに、本実施例では、バッファ膜を用いていないので、バッファ膜の不完全性に起因するDC電圧を印加した場合の不安定な現象は存在しない。また、電極を熱アニールすることによって電極と結晶界面にショットキーバリヤ等の障壁が生ずるのを防いでいる。

なお、本発明は本実施例に用いた基板材料、金属イオンに限定されるものではなく、基板材料としては電気光学効果を有するいかなる結晶、例えばLiTaO<sub>3</sub>結晶等を使用することができ、また、第1の金属イオンとしては屈折率を増加させる効果をもつイオン、例えば銅やニオブ等を用いることができる。さらに、制御電極材料としてはTi-Al-Cr-Al等の金属多層膜や半導体材料も用いること

ができる。

#### 〔発明の効果〕

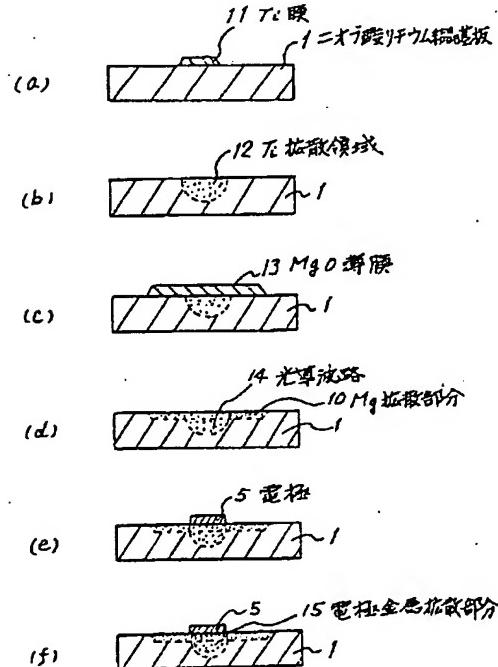
以上説明したように、本発明の光制御デバイスの製造方法では、バッファ膜を用いていないので、従来の光制御デバイスに比べて安定な動作が得られるという特徴がある。

#### 図面の簡単な説明

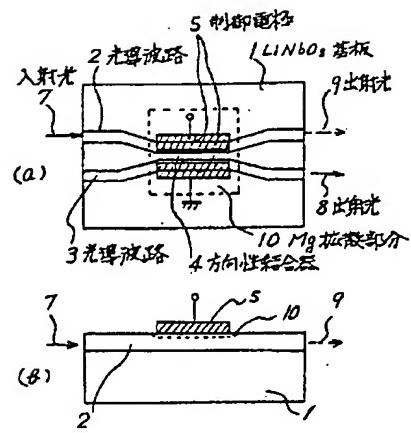
第1図(a)～(f)は本発明による光制御デバイスの製造方法を工程順に示した断面図、第2図(a)、(b)は本発明の製造方法を用いた光制御デバイスの一例の正面図および側面図、第3図(a)、(b)は従来の光制御デバイスの一例の平面図および側面図である。

1…ニオブ酸リチウム結晶基板、2、3、14…光導波路、5…制御電極、6…バッファ膜、7…入射光、8、9…出射光、10…第2の金属イオン(Ti)の拡散部分、11…Ti膜、12…Ti拡散領域、13…MgO薄膜、15…電極金属拡散部分。

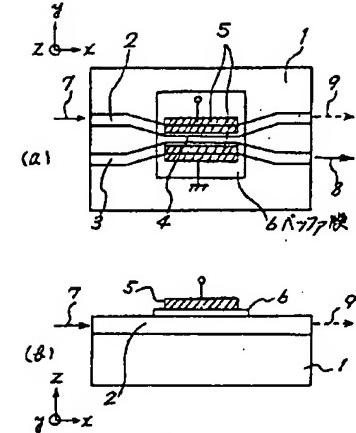
代理人弁理士内原  
内原謹



第1図



第 2 図



第 3 図